

Helsinki 12.3.2003

E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N T

RECD 08 APR 2003
WIPO PCT

Hakija
Applicant

BCDE Group Waste Management Ltd Oy
Helsinki

Patentihakemus nro
Patent application no

20025064

Tekemispäivä
Filing date

18.12.2002

Etuoikeushak. no
Priority from appl.

FI 20020139

Tekemispäivä
Filing date

25.01.2002

Kansainvälinen luokka
International class

C02F

Keksiinön nimitys
Title of invention

"Menetelmä ja laite epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä
elektroflotaatiolla"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä
Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä,
päätettäväämuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the
description, claims, abstract and drawings originally filed with the
Finnish Patent Office.

Markkula Tehikoski

Markkula Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Menetelmä ja laite epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla

Keksinnön kohteena on menetelmä epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla, jossa menetelmässä puhdistettava jätevesi johdetaan epäsymmetrisen elektrolyysikennon läpi, jolloin aikaansaadaan kennoreaktio, jossa syntyy sekä metallihydroksidia että vetykaasua. Jos aktiivielektrodi on rautaa tai alumiinia, syntyy kennoreaktiossa vastaavasti rauta- tai alumiinihydroksidia.

10

Keksinnön kohteena on myös laite epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla.

Termi elektroflotaatio perustuu siihen, että elektrolyysikennoissa syntyvä kaasu nostaa myös kennoissa syntyvän metallihydroksidin (tyypillisesti rauta- tai alumiinihydroksidi) ja sen suodattamat epäpuhtaudet vedestä puhtaan veden pinnalle, josta flokki voidaan poistaa mekaanisesti. Tämä flokin ja veden erottuminen käynnistyy jo elektrolyysikennossa ja voidaan suorittaa lopputuun flokin erotustornissa, jollaisia on kuvattu hakijan patenttijulkaisuissa US-5,888,359 ja US-6,086,732, tai tavanomaisissa jätevesilaitosten jälkiselkeytysaltaissa.

Jätevesien käsittelyssä ongelmana on ollut, että haitallisten epäpuhtauksien kuten typen ja myrkyllisten yhdisteiden kuten kloorifenolien ja polyaromaattisten hiilivetyjen riittävään poistamiseen ei ole ollut keinoja.

Keksinnön kohteena on menetelmä ja laite, joilla epäpuhtaudet voidaan poistaa jätevesistä tähänastista tehokkaammin ja taloudellisesti.

30 Tämä tarkoitus saavutetaan eksinnöillä oheisessa patenttivaatimuksessa 1 esitetyllä menetelmällä ja patenttivaatimuksessa 6 esitetyllä laitteella. Epäit-

senäisissä patenttivaatimuksissa on esitetty menetelmän ja laitteen edullisia suoritusmuotoja tai sovelluksia.

Esim. typpi voidaan poistaa vähäsuolaisista jätevesistä tässä esitetyn kaltainen 5 sella elektroflotaatiolla aina yli 80 %:sti, tyyppillisesti yli 95 %:sti ja lähes suolattomista jätevesistä jopa yli 99 %:sti ilman kemiallisia lisääaineita.

Toisaalta kaatopaikkojen suotovesistä voidaan poistaa myrkkyiset orgaaniset yhdisteet ja samalla vähentää niiden suolapitoisuutta.

10 Seuraavassa keksintöä selostetaan suoritusesimerkin avulla viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

15 Kuvio 1 esittää keksinnön mukaisessa menetelmässä ja laitteessa käytettävän elektrolyysikennon yhtä edullista suoritusesimerkkiä; ja

Kuvio 2 esittää kaaviollisesti koko puhdistuslaitteistoa erään koejärjestelyn mukaisena.

20 Keksinnön mukaisen elektrolyysikennon (kuvio 1) elektrodit muodostuvat putkista. Sisäelektrodiputki 1 on ruostumatonta terästä ja se on varustettu rei'illä 4 pesusuihkujen suuntaamiseksi puhdasta metallia olevan ulkoelektrodiputken 2 sisäpinnalle. Ulkoelektrodiputken metallina on tyyppillisesti rauta tai alumiini. Sylinterimäiset elektrodiputket 1 ja 2 sijaitsevat koaksiaalisesti ja 25 rajoittavat väliinsä sylinterimäisen elektrolyysitilan 5, johon jätevesi johdetaan putesta 6. Virtalähteen negatiivinen napa on liitetty sisäelektrodiputkeen 1 liittimellä 11 ja positiivinen napa rauta- tai alumiinielektrodiputkeen 2 liittimellä 12. Sisäelektrodi 1 on terästä tai muuta metallia, joka on enemmän elektronegatiivinen kuin rauta tai alumiini. Tällöin sisäputki 1 on kulumaton 30 (siitä irtoaa vain elektroneja) ja rautaa oleva ulkoputki 2 kuluu, koska siitä irtoaa rautaioneja. Tästä syystä ulkoputki 2 on tehty helposti vaihdettavaksi myöhemmin selostettavalla tavalla.

Sisäelektrodiputki 1 on jaettu väliseinällä 1a kahteen erilliseen putkitilaan 8 ja 9. Putkitila 8 ulottuu olennaisesti elektrolyysitilan 5 pituudelle ja on varustettu pesusuihkurei'llä 4. Putkitila 9 liittyy suurehkojen reikien 7 välityksellä elektrolyysitilan 5 loppupäähän, jolloin vesi ja muodostunut flokki pääsee

5 virtaamaan elektrolyysitlasta 5 putkiosaan 9. Putkiosien 8 ja 9 pähin liittyy eristäävä ainetta, kuten muovia, olevat tulo- ja lähtöputket. Putkiosaan 8 johdetaan pesuveksi paineella, joka on riittävä aikaansaamaan voimakkuudeltaan sopivat pesusuihkut rei'istä 4. Elektrodien pinta voidaan puhdistaa myös johtamalla vaihtovirtapulssit elektrodeihin.

10 Rauta- tai alumiiniputki 2 päättyy ennen jäteveden sisääntulokohtaa 6 ja sisäputki 1 jatkuu sisääntulokohdan 6 ohi venttiilin 18 kautta pesuvesipumpulle. Venttiilin 18 avautuminen ja pesuvesipumpun 19 käynnistyminen on ohjattu ohjauslaitteella 20 tapahtumaan jaksoittain. Kunkin pesujakson aikana

15 elektrolyysitilan 5 alapäähän liittyyvän poistoputken 16 venttiili 17 on järjestetty avattavaksi sakan ja pesuveden poistamiseksi elektrolyysitlasta 5.

Ulkoelektrodia 2 ympäröi lisäksi eristäävä ainetta, kuten muovia, oleva vaippaputki 3.

20 Elektrolyysikenno on pidetty koossa päätytulppien 10 ja 15 avulla. Esitetyssä tapauksessa putken 2 päässä on ulkokierteet, joihin päätytulppien 10 ja 15 kierteet tarttuvat. Päätytulppaa 10 kiristettäessä kartiopinnat 14 puristavat tiivisteen 13 vasten sisäputken 1 ulkopintaa. Samalla tiiviste 13 puristuu

25 myös vasten ulkoputken 2 päätypintaa. Elektrolyysitilan 5 alapää on tiivistetty tiivisteellä, joka puristetaan holkin 15 sisälaketta vasten propulla 15a. Päätytulpat 10 ja 15 pitävät putket 1 ja 2 samankeskeisesti toisiinsa nähdyn. Elektrodiputkien päiden kiinnitysrakenne voi olla tietenkin myös esitetystä poikkeava.

30

Putkien 1 ja 2 halkaisijat ja pituudet voivat vaihdella käyttösovellutuksesta riippuen. Käsittelylaitoksen koon kasvaessa ja läpivirtausmäärien lisääntyessä kenoja kytketään riittävä määrä rinnan.

- 5 Käytämällä sisäkkäisiä elektrodiputkia 1 ja 2, sekä sisäputkessa 1 olevia huuhtelusuihkureikiä 4, voidaan yksinkertaisella tavalla huolehtia elektrodi-pinnan puhtaana pysymisestä. Auki kierrettävien päätytulppien 10 ja 15 ansiosta kuluva rauta- tai alumiinielektrodiputki 2 on helposti vaihdettavissa.
- 10 Seuraavassa esitetään perusteet, joihin keksinnön mukainen menetelmä tyypen poistamiseksi elektroflotaatiolla perustuu. Aktiivinen elektrodi 2 on rauataa.

1. KENNOREAKTIOT

15

- 1.1. $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$
- 1.2. $\text{Fe} \leftrightarrow \text{Fe}^{+3} + 3\text{e}^-$
- 1.3. $\text{Fe}^{+3} + 3\text{OH}^- \leftrightarrow \text{Fe(OH)}_3 \downarrow$ (rautahydroksidi)
- 1.4. $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2 \uparrow$ (vetykaasu)

20 Elektrolyysisissä syntyy lievästi emäksinen liuos, koska H^+ -ionit poistuvat vetykaasuna liuoksesta nopeammin kuin OH^- -ionit.

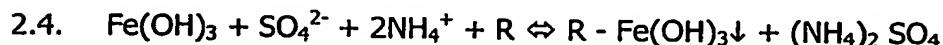
2. TYPEN POISTO

25 **A. AMMONIUM (NH_4^+) TYPPI:**

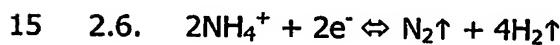
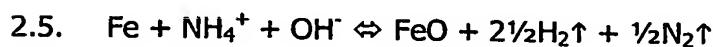
- 2.1. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- 2.2. $\text{NH}_3 + \text{OH}^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- 2.3. $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+$ (ammonium-ioni)

30 Elektrolyysisä H^+ -ioni sitoutuu ammoniakkimolekyyliin ja muodostaa ammonium- (NH_4^+) -ionin. Se ei haihdu, vaan liukenee veteen. Kun vesiliuoksessa

sa on esim. SO_4^{2-} -ioni, poistetaan elektrolyysisä NH_4^+ -ioni ja typpipitoiset orgaaniset aineet, jotka keräävät rautahydroksidin kanssa. Saostuma nousee H_2 -kaasun mukana flokkina puhtaan veden pinnalle. Ennen jäteveden johtamista elektrolyysikennoon siihen on voitu lisätä tavanomaiseen tapaan 5 esim. tietty määrä hapanta ferrosulfaattia.



Elektrolyysisä jätevedessä oleva NH_4^+ -typpi ja orgaaniset typpipitoiset yhdisteet (R) keräävät rautahydroksidisakkaan $\text{Fe(OH)}_3 \downarrow$ tai NH_4^+ -typpi voi myös pelkistyä samalla kun rauta hapettuu rautaoksidiksi. 10



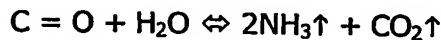
Kennossa samanaikaisesti muodostunut H_2 -kaasu (vety-kaasu) nostaa saostuman flokkina puhtaan veden pinnalle flokinerotustornissa ja/tai jälkiselkeytysaltaassa. Tällöin typpi poistetaan kiinteässä muodossa. (Flokinerotustornin toimintaa on selostettu patenttijulkaisuissa US-5,888,359 ja US-6,086,732). 20

NH_4^+ -typpi muodostuu viemärijätevesiin pääasiassa ureasta seuraavasti:

25



|



|

ammoni- hiiidioksidi

30

NH_2 akki
urea



B. NITRAATTI (NO_3^-) TYPPI:

5

Mikrobit hapettavat ammoniakin nitraatiksi (nitrifikaatio) tai aminotypaksi, joka sitoutuu pääasiassa mikrobisolujen sisään entsyyymien (ents.) välittämässä biokemiallisessa reaktiossa.

10 (ents.)



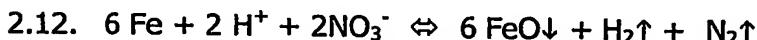
Tämä on summareaktio. Solujen sisäinen reaktio on entsyyymien katalysoima
15 ja paljon monimutkaisempi.

(ents.)

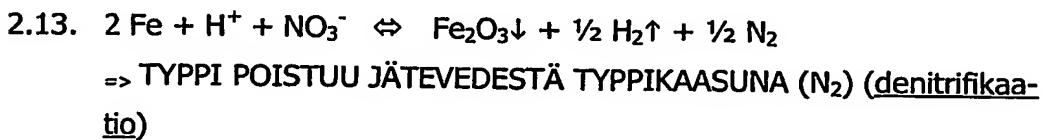


20

Elektrolyysisissä kennoissa rauta hapettuu (aina) ja typpi (NO_3^-) pelkistyy seuraavasti:



25



30 Mikrobisolut saavat myös aikaan denitrifikaation anaerobisissa olosuhteissa (ilman happea), joissa NO_3^- -ioni toimii hapettimena O_2 -molekyylin sijasta.

- Elektrolyysillä kennoissa aikaansaatu denitrifikaatio on lähes kvanttitiivinen ja todella nopea verrattuna mikrobiien avulla tapahtuvaan hitaaseen ja kal-liimpaan typen poistoon.
- Biologisella denitrifikaatiolla typenpoistomenetelmänä saavutetaan noin 5 63 %:n typpireduktio suhteellisen kalliilla tekniikalla.
- Elektrolyysillä on saavutettu aina yli 80 %:n typpireduktio ja parhaimmil- laan esim. lehmän lannan puhdistuksessa yli 99 %:n typpireduktio niin, että puhdistetun veden typpipitoisuus on alle 2 mg/l.

10 Raudan hapettuminen ferri- tai ferroioniksi ja typen pelkistyminen tapahtuu kennossa tietysti resonanssienergiakohdassa. Ts. kennoon tuotu sähköener- gia on mitoitettava sen mukaan, mikä on kennon mitoitus ja läpivirtausmäärä eli jäteveden viipymä kennotilassa. Oikean resonanssienergiakohdan etsimi- nen on suoritettava kokeellisesti ja sen jälkeen automatiikka säätää kennovir- 15 taa suhteessa jäteveden läpivirtausmäärään. Jäteveden läpivirtausta ei tarvit- se katkaista pesun suoritusajaksi, koska pesu tehdään ollenaisesti suurem- malla paineella ja pienemmällä nestemäärellä kuin läpi virtaavan jäteveden paine ja nestemäärä.

20 **3. KAATOPAIKAN SUOTODEN PUHDISTUS**

Kuvion 2 mukaisella laitteella suoritettiin koesarja, jolla selvitettiin laitteiston soveltumista kaatopaikan suotoveden puhdistamiseen.

25 Seuraavassa selostetaan aluksi koelaitetta, sitten kokeen suoritustapaa ja lopuksi koetuloksia.

3.1 Koelaite

Laite on kaksivaiheinen siten, että kaksi alumiinielektrodilla (tai kah- 30 della rautaelektrodilla tai yhdellä rauta- ja yhdellä alumiinielektrodilla) varustettua elektrolyysikennoa 28 on peräkkäin kaskadikytkenässä. Yksi koe suoritettiin yksivaiheisena ja toinen koe kaksivaiheisena. Sä- liöstä 21 suotovesi pumpataan pumpulla 27 elektrolyysikennon 28 lä-

pi. Säiliöstä 22 syötetään polymeeriliuosta pumpulla 29 kennosta 28 poistuvaan massavirtaan, joka johdetaan flokin ja puhdistetun veden erotustorniin 30, jonka yläpäässä on poistuvien kaasujen (HCl , Cl_2) mittaus 31. Tornin 30 alapäästä puhdistettu vesi johdetaan säiliöön 23 ja tornin 30 yläpäästä flokki johdetaan säiliöön 24. Toisessa vaiheessa puhdistettu vesi johdetaan säiliöstä 23 pumpulla 27 toisen elektrolyysikennon 28 läpi toiseen flokin ja puhdistetun veden erotustorniin 30. Myös toisessa vaiheessa kennon 28 ja tornin 30 väliseen massavirtaan syötetään pumpulla 29 polymeeriliuosta säiliöstä 25. Kaksi kerataa puhdistettu vesi johdetaan tornin 30 alapäästä säiliöön 26 ja myös toisen tornin 30 yläpäästä flokki johdetaan säiliöön 24.

3.2 Kokeen suoritustapa (koeajot)
 Suoritettiin 10 eri koeajoa, joista osa yksivaiheisena sekä Fe- että Al-kennoilla. Osassa kaksivaiheisia koeajoja käytettiin kahta eri kennoityyppiä, nimittäin Fe-kennoa (aktiivielektrodi rautaa) ja Al-kennoa (aktiivielektrodi alumiinia).

Seuraavassa selostetaan kahta mielenkiintoista ja edustavaa koeajoa.

20

1. Koeajo

Kokeessa suoritettiin kaksivaiheinen puhdistus. Ensimmäisessä vaiheessa käytettiin Al kennoa ja toisessa vaiheessa Fe kennoa. Ensimmäisessä vaiheessa Al kennon läpi syötettiin n. 120 l/h laimentamatonta suotovettä. Säiliöstä 22 pumpulla 29 syötettiin polymeeriliuosta 10 - 12 l/h. Kennoon syötettiin tehoa virta-alueella 10 - 50 A ja jännitealueella 3 - 7 V. Suoritettiin pyyhkäisymittaus koko tehoalueen läpi, jolloin havaittiin, että liuoksen kirkastuminen ja värin poisto oli suoraan verrannollinen sähkötehoon. Yli 1 kWh/m³ teholla flokin muodostus ei enää parantunut. Kaasuanalyysi tehtiin sähköteholla, joka vastaa noin 1,0 kWh/m³ laimentamatonta suotovettä. Kloorikaasun muodostusta ei havaittu. Toisessa vaiheessa ensimmäisen vaiheen pudasvesifraktio ajettiin Fe kennon läpi syöttömäärällä 60 - 120 l/h. Polymeeri-

liuosta syötettiin 10 l/h. Virralla 10 - 30 A ja jännitteellä 3 - 7 V suoritettiin pyyhkäisymittaus koko tehoalueen läpi.

2. Koeajo

5

Laimentamaton suotovesi ajettiin kaksi kertaa Al kennon läpi. Syöttömäärä 60 - 150 l/h jätevettä ja polymeeriliuosta 10 - 15 l/h. Kennon tehonsyöttö keskimäärin 30 A, 3 V. Suoritettiin myös nopea pyyhkäisymittaus maksimitehoon 52 A, 7 V. Kaasun muodostus oli voimakasta ja flokki nousi erittäin nopeasti flokin erotusputkessa 30, jossa flokin rajapinta pysyi helposti paikallaan (voitiin tarkkailla kirkkaan putken läpi). Tornista 30 tuleva vesi kirkastui jo asetuksilla 30 A/3 V/120 l/h, eli teholla 0,75 kWh/m³. Tehon lisäys yli 1 kWh/m³ ei enää parantanut tulosta. Kloorikaasun muodostusta ei havaittu.

15 3.3. Analyysitulokset koeajoista

Puhtaanveden fraktioista ja flokkifraktioista otetut näytteet analysoitiin eri laboratorioissa standardien mukaisin menetelmin. Näytteistä analysoitiin yli 80 kemiallista parametria, joissa seuraavassa puututaan vain tärkeimpiin yhteenvedonomaisesti.

20 Puhdistettava suotovesi oli ulkonäältään keltaisen ruskea ja lievästi samea. Hajusta päätellen se sisälsi ammonium- ja rikkiyhdisteitä. Molemmissa kokeissa voitiin osoittaa, että suotovesi kirkastuu ja muuttuu lähes värittömäksi ja hajuttomaksi. Ensimmäisen kokeen ensimmäisessä vaiheessa tuotettiin tietoisesti vain osittain puhdistettua vettä optimoimalla prosessi vain flokin muodostumisen suhteen kohdalleen käyttäen mahdollisimman vähän sähkötehoa. Toisen kokeen ensimmäisessä vaiheessa jäljitetiin ensimmäisen kokeen ensimmäistä vaihetta. Toisen kokeen toisessa vaiheessa pyrittiin asettamaan tasapaino mahdollisimman puhtaan lopputuloksen aikaansaamiseksi.

5 Sähkön johtavuudessa tapahtui molemmissa kokeissa oleellinen pudos-
tus. Toisessa kokeessa konduktanssin reduktio on noin 30 %. Flokissa
konduktanssi on oleellisesti suurempi kuin puhdistetussa vedessä, eli
flokiin on konsentroitunut johtavuutta lisääviä yhdisteitä. Ph pysyi
suunnilleen muuttumattomana.

10 Typpireduktio jäi alemmalle tasolle kuin muita vähäsuolaisempia jäte-
vesiä puhdistettaessa. Kokeissa havaittiin, että typpi poistui olennai-
sesti samassa suhteessa kuin suolapitoisuus laski.

15 Fosfori poistui puhdistuksessa lähes täysin, jopa korkeilla pitoisuksil-
la.

20 Kloorin tai kloorivedyn muodostumista ei havaittu koeolosuhteissa,
vaikka puhdistettava suotovedi olikin suolaliuos. Toisaalta kloridin re-
duktio noin 29 % ja sen ilmeinen rikastuminen flokiin viittaa siihen,
että jokin yhdiste saattaa sitoa kloridi-ionin kiinteään flokiin. Johto-
päätös on, että kloridin on täytynyt sitoutua flokiin esim. substituu-
tioreaktioiden kautta orgaanisiin molekyyleihin tai suolana flokin muo-
dostavaan erittäin tiheään ferrihydroksidisakkaan, joka toimii molekyy-
lisivilänä.

Suolapitoisuus ja ammoniumtypen poisto

25 Kloridi- ja natriumionien pitoisuksista laskemalla suotoveden suolapitoisu-
deksi saatiiin noin 3,6 %. Yksivaiheisella puhdistuksella suolapitoisuus putosi
noin 2,9 %:iin, eli reduktio oli noin 19 % (1 kWh/m^3 teholla).

30 Kaksivaiheisella puhdistuksella suolapitoisuus putosi noin 2,4 %:iin, eli reduk-
tio oli noin 33 % ($1,75 - 2 \text{ kWh/m}^3$ teholla).

Näistä tuloksista voitiin virherajojen puitteissa päätellä, että suolan poisto on lähes lineaarinen käytettyn tehoon nähdien.

Fe kennolla saatiin suolasta pois 47 %, eli suolapitoisuus laski tasolle 1,92 %
5 teholla 3 kWh/m^3 .

Tuloksista voitiin päätellä, että tarvittaisiin noin 3 kWh/m^3 , että suolasta poistuisi noin 50 % (suolapitoisuuteen 1,8 %) ja noin 6 kWh/m^3 teholla saataisiin suola kokonaan poistettua suotovedestä.

10 Tämän perusteella menetelmä ja laite soveltuu yleensä suolapitoisen jätteiden kuten likaantuneen meriveden puhdistukseen.

15 Tässä yhteydessä on huomattava, että ammoniumtyphen poistuminen puhdistusta vedestä on verrannollinen suotoveden tai samankaltaisen jätteveden suolapitoisuuden muutokseen kuvatuissa koeolosuhteissa.

20 Ammoniumtyphen ja suolan reduktiot näyttävät korreloivan täydellisesti. ko- keellisesti on myös osoitettu, että ammoniumtyppi saadaan poistettua jät- tevedestä 99 %-sti (arvoon 10 mg/l arvosta 1100 mg/l), kun jätteveden suola- pitoisuus on alle 0,8 %.

25 Raskasmetallit saatiin pois suotovedestä flokkiin niin tehokkaasti, ettei niitä voitu puhdistetussa vedessä todeta.

Fenolit ja kloorifenolit

30 Fenolien reduktio oli yli 90 %. Fenoleista noin 80 % oli hajonnut elektroflo- taatiossa ja pieni määrä oli rikastunut flokkiin suhteessa puhdistettuun ve- teen.

Kloorifenolit saatin 100 %-sti pois puhdistetusta vedestä. Kloorifenoleista on hajonnut puhdistusprosessissa noin 90 %. Flokista niitä löytyi vain 10 % al-kuperäisestä määrästä suotovedessä. Kaikkein mielenkiintoisin havainto on pentakloorifenoli, joka oli hävinnyt puhdistusprosessissa kokonaan. Havainto

5 5 oli yhdenmukainen aikaisempien koetulosten kanssa. Todennäköinen syy on bentseenirenkaan katkeaminen.

Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)

10 10 Puhdistetusta vedestä PAH yhdisteitä ei löytynyt ollenkaan. Reduktio on 100 %. Kaikista PAH yhdisteistä oli hajonnut yli 94 % puhdistusprosessin aikana.

Yhteenvedo koetuloksista

15 15 Koetulosten perusteella suotovesi on edullisinta puhdistaa laitteistolla, jossa on Al kenno ja Fe kenno kaskadi. Puhdistaminen onnistuu myös pelkällä Fe kennolla, jos suotovesi ei sisällä suuria määriä sulfideja. Pelkällä Al kennolla puhdistaminen onnistuu, mutta puhdistuskustannus on huomattavasti suurempi kuin Fe kennolla.

Suotoveden koostumuksen vaihteluista johtuen on suositeltavaa kytkeä kennot niin, että puhdistus voi tapahtua joko vain yhdentyyppisellä kennolla tai kahden kennotypin yhdistelmällä.

25 25 Mittausten mukaan pienin käytännöllinen sähköteho on noin 3 kWh/m³ suotettä ja maksimisähköteho puhtaimman tuloksen aikaansaamiseksi on enintään 6 kWh/m³ suotettä.

30 30 Kulumattomaksi elektrodiksi on edullista valita teräs, jolloin sen seosmetallien määrellä voidaan vaikuttaa siihen, miten paljon elektronegatiivisuus lisääntyy suhteessa rautaan. Alumiinilla on pienempi elektronegatiivisuus kuin raudalla.

Elektronegatiivisuuseroon voidaan siis vaikuttaa aktiivielektrodien metallien valinnalla. Riittää, että elektrodit on pinnoitettu metallilla, joiden elektronegatiivisuusero on tarkoitukseenmukainen puhdistettavalle aineelle niin, että aikaansaadaan sen poistaminen hapetuspelkistysreaktioon perustuen.

3
3
3

M
M
M
M

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla, jossa menetelmässä puhdistettava jätevesi johdetaan metallielektrodeilla (1),

5 2) varustetun elektrolyysikennon (28) läpi, **tunnettu** siitä, että elektrolyysi suoritetaan kahden elektronegatiivisuudeltaan eroavan elektrodin (1, 2) väliissä siten, että enemmän elektronegatiivisella elektrodilla (1), joka on puhdistusprosessissa kulumaton, tuotetaan vedestä vetykaasua ja hydroksyyliioneja, ja että vähemmän elektronegatiivisella elektrodilla (2), joka on puhdistusprosessissa aktiivinen, kuluva elektrodi, tuotetaan puhdistettavaan liuokseen metalli-ioneja, ja että tämän perusreaktion lisäksi kennossa aiheutetaan tarkasti ohjatussa sähkökentässä haluttu hapetuspelkistysreaktio yhden tai useamman määrätyyn epäpuhtauden poistamiseksi puhdistetusta vedestä.

15 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä typen poistamiseksi jätevedestä, **tunnettu** siitä, että

a) elektrolyysisä ammoniakista (NH_3) muodostetaan vetyionien (H^+) avulla ammoniumioneja (NH_4^+), jotka poistuvat yhtyessään negatiivisiin ioneihin ja kerosaostuessaan rautahydroksidisakkaan;

20 b) saostuman annetaan nousta vetykaasun mukana flokkina puhtaan veden pinnalle flokinerotustornissa ja/tai jälkiselkeytsaltaassa; ja

c) elektrolyysisä rauta hapetetaan ja NH_4^+ -typpi ja/tai nitraattityppi (NO_3^-) pelkistetään seuraavasti

25 $\text{Fe} + \text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{FeO}\downarrow + 2\frac{1}{2}\text{H}_2\uparrow + \frac{1}{2}\text{N}_2\uparrow$

ja/tai

$6\text{Fe} + 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \leftrightarrow 6\text{FeO}\downarrow + \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow$

30 jolloin aikaansaadaan denitrifikaatio, kun typpi poistuu jätevedestä typikaa-suna.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukaisen menetelmän käyttö kaatopaikan suotoveden tai muun suolapitoisen jäteveden kuten likaantuneen meriveden puhdistamiseksi.

5 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen käyttösovellusmenetelmä, **tunnettua siitä**, että puhdistettava suotovesi tai muu suolapitoinen jätevesi johdetaan ensimmäisessä vaiheessa ensimmäisen elektrolyysikennon läpi ja toisessa vaiheessa johdetaan ensimmäisessä vaiheessa osittain puhdistettu vesi toisen elektrolyysikennon läpi.

10 5. Jonkin patenttivaatimuksen 1-4 mukainen menetelmä, **tunnettua siitä**, että vähemmän elektronegatiivinen elektrodi on rautaa tai alumiiinia.

15 6. Laite epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla, johon laitteeseen kuuluu elektrolyysikennosto, jonka kussakin kennossa on yksi tai useampi metallielektrodi (2), joka on kytketty virtalähteentä positiiviseen napaan ja yksi tai useampi metallielektrodi (1), joka on kytketty virtalähteentä negatiiviseen napaan, ja elektrolyysitila (5) elektrodien välissä, **tunnettua siitä**, että virtalähteentä negatiiviseen napaan kytketty elektrodi (1) on ainakin 20 pintakerrokseltaan enemmän elektronegatiivista ainetta kuin positiiviseen napaan kytketty elektrodi (2), jolloin elektronegatiivisempi elektrodi (1) on puhdistusprosessissa kulumaton ja ainoastaan luovuttaa saamansa elektronit puhdistettavaan liuokseen, ja vähemmän elektronegatiivinen elektrodi on puhdistusprosessissa aktiivinen kuluva elektrodi, joka luovuttaa puhdistettavaan liuokseen metalli-ioneja, elektrodien (1, 2) elektronegatiivisuuseron ollessa sellainen, että haluttu hapetuspelkistysreaktio saadaan tapahtumaan.

25 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, **tunnettua siitä**, että vähemmän elektronegatiivinen elektrodi on rautaa tai alumiiinia.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen laite, **tunnettua** siitä, että elektrodit (1, 2) ovat koaksiaaliputkia, rauta- tai alumiiniputken (2) ollessa uloimpana ja helposti vaihdettavissa.

5 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, **tunnettua** siitä, että ulkoelektrodi-putki (2) päättyy ennen jäteveden sisääntulokohtaa (6), ja sisäputken (1) ollessa varustettu rei'illä (4) ja jatkuessa jäteveden sisääntulokohdan (6) ohi venttiilin (18) kautta pesuvesipumpulle (19).

10 10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, **tunnettua** siitä, että venttiilin (18) avautuminen ja pesuvesipumpun (19) käynnistyminen on ohjattu tapahtu- maan jaksoittain, samalla kun elektrolyysitilan (5) alapäähän liittyvän poisto- putken (16) venttiili (17) on järjestetty avattavaksi sakan ja pesuveden pois- tamiseksi elektrolyysitilasta (5).

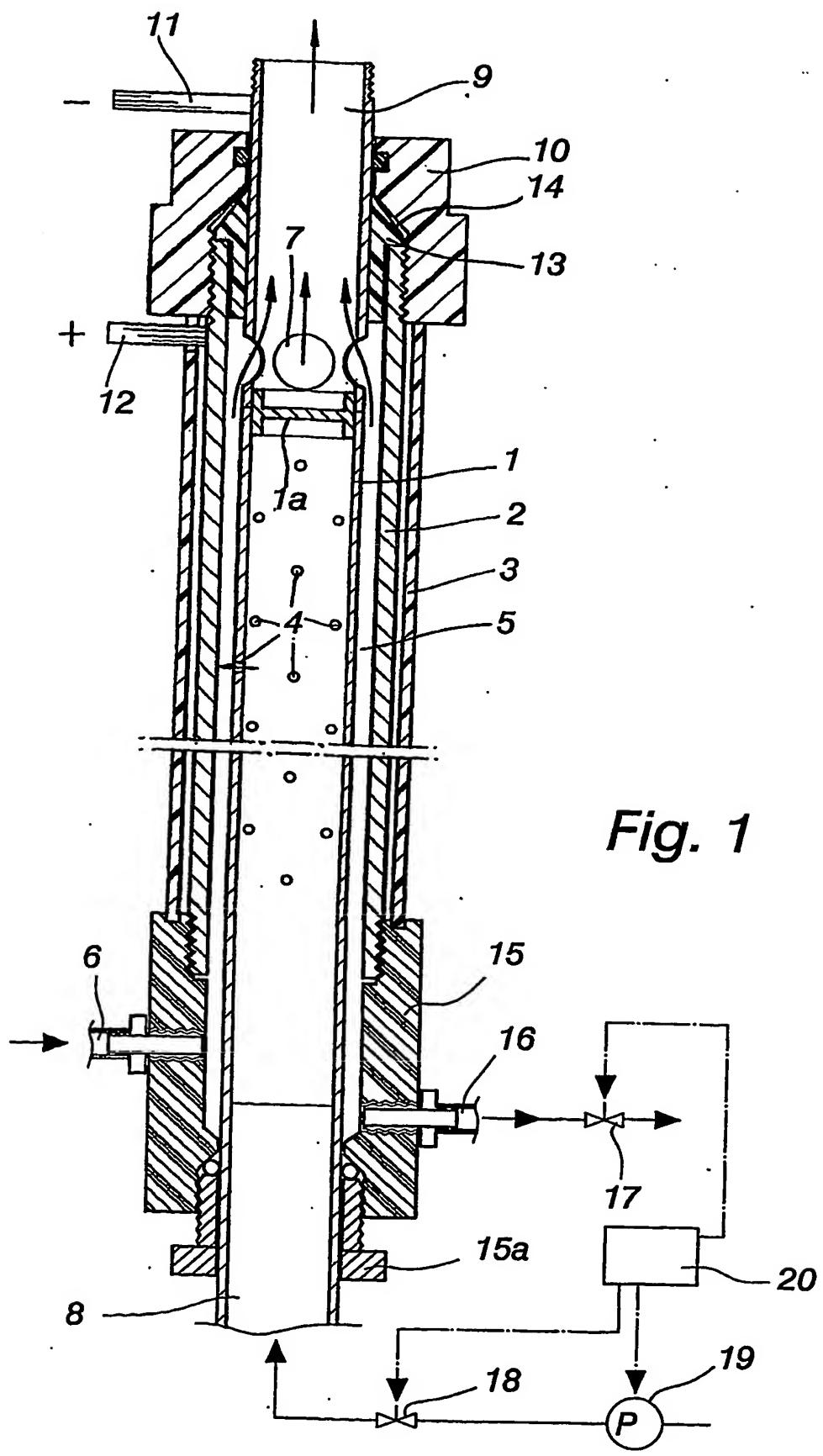
15 11. Jonkin patenttivaatimuksen 8-10 mukainen laite, **tunnettua** siitä, että sisäelektrodiputki (1) on ruostumatonta terästä ja rautaa tai alumiinia oleva ulkoelektrodiputki (2) on ympäröity eristävällä vaippaputkella (3).

20 12. Jonkin patenttivaatimuksen 8-11 mukainen laite, **tunnettua** siitä, että elektrodiputket (1, 2) on lukittu samankeskeisesti toisiinsa aukikierrettävillä päättytulpilla (10, 15), jotka ympäröivät sisäelektrodiputkea (1) ja joiden si- sään ulkoelektrodiputken (2) päät jäävät.

(57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteena on menetelmä ja laite epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä elektroflotaatiolla. Puhdistettava jätevesi johdetaan elektrolyysikennon läpi. Elektrolyysi suoritetaan kahden elektronegatiivisuudeltaan eroavan elektrodin (1, 2) välissä siten, että enemmän elektronegatiivisella elektrodilla (1), joka on puhdistusprosessissa kulumaton, tuotetaan vedestä vetykaasua ja hydroksyli-ioneja. Vähemmän elektronegatiivisella elektrodilla (2), joka on puhdistusprosessissa aktiivinen, kuluva elektrodi, tuotetaan puhdistettavaan liuokseen metalli-ioneja. Tämän perusreaktion lisäksi kennossa aiheutetaan tarkasti ohjatussa sähkökentässä haluttu hapetuspelkistysreaktio yhden tai useamman määrätyyn epäpuhtauden poistamiseksi puhdistetusta vedestä.

L 5



L 5.

2

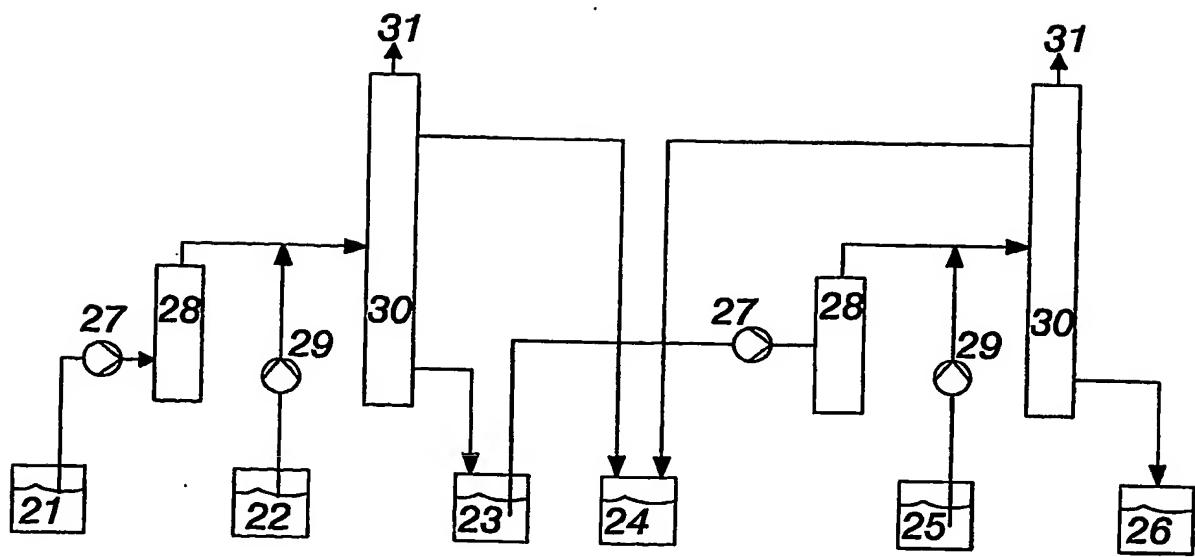


Fig. 2

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox